

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-51195

(P2001-51195A)

(43)公開日 平成13年2月23日 (2001.2.23)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 15/00

13/24

識別記号

F I

G 0 2 B 15/00

13/24

データベース(参考)

2 H 0 8 7

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平11-291876

(22)出願日 平成11年10月14日 (1999.10.14)

(31)優先権主張番号 09/363070

(32)優先日 平成11年7月28日 (1999.7.28)

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 00022/364

日東光学株式会社

長野県諏訪市大字湖南4529番地

(71)出願人 592071325

イン フォーカス システムズ インコー  
ポレイテッド

IN FOCUS SYSTEMS, IN  
CORPORATED

アメリカ合衆国 オレゴン州 97070-

9215 ウィルソンヴィル エスタブリュー

パークウェイ アベニュー 277000ビー

(74)代理人 100102934

弁理士 今井 彰

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 投写用ズームレンズおよびプロジェクタ装置

(57)【要約】

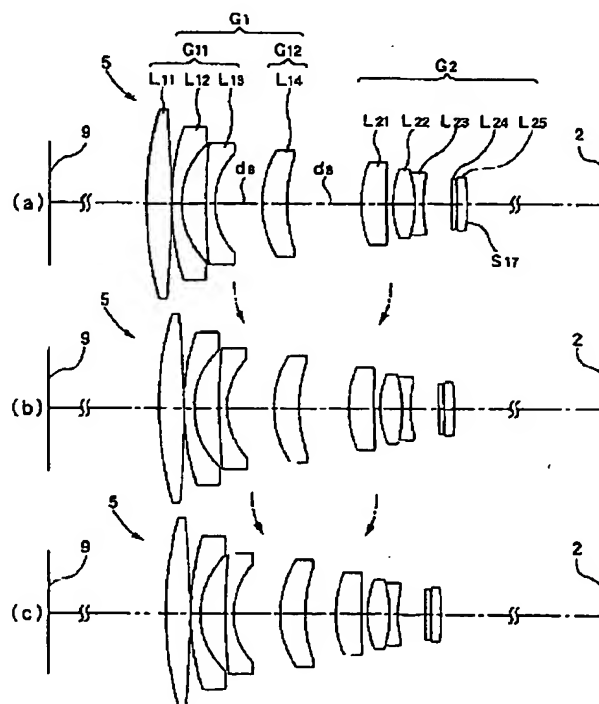
【課題】 DMDなどの、光の反射方向を変えて画像を生成する複数の素子を備えた光変調器から画像をスクリーンの投写する高性能でコンパクトな投写用ズームレンズを提供する。

【解決手段】 スクリーン9の側から順に、負の屈折力の第1のレンズ群G1と、正の屈折力の第2のレンズ群G2を配置し、この第2のレンズ群G2の最もDMD2の側の最終レンズの外径LDと、該投写用ズームレンズの広角端におけるバックフォーカスBfwが次の式

(A)を満たすようにする。

$0.3 < LD/Bfw < 0.5 \dots (A)$

さらに、最終レンズL25の少なくとも一方の面を非球面にし、バックフォーカスを長く、最終レンズ径が小さいにも関わらず、9枚構成という少ない枚数のレンズで収差性能の良い、コンパクトなプロジェクタレンズを実現している。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光の反射方向を変えて画像を生成する複数の素子を備えた光変調器の映像をスクリーンの投写する投写用ズームレンズであって、スクリーン側から順に、負の屈折力の第1のレンズ群と、正の屈折力の第2のレンズ群とを有し、この第2のレンズ群の最も前記光変調器側の最終レンズの少なくとも一方の面が非球面であり、この最終レンズの外径LDと、該投写用ズームレンズの広角端におけるバックフォーカスBfwが次の式を満たす投写用ズームレンズ。

$$0.3 < LD/Bfw < 0.5$$

【請求項2】 請求項1において、前記第1のレンズ群の合成焦点距離f1と、前記第2のレンズ群の合成焦点距離f2が次の式を満たす投写用ズームレンズ。

$$0.6 < |f2/f1| < 1.0$$

【請求項3】 請求項1において、前記第1のレンズ群の合成焦点距離f1と、該投写用ズームレンズの広角端における全長Lwが次の式を満たす投写用ズームレンズ。

$$0.3 < |f1/Lw| < 0.6$$

【請求項4】 請求項1において、前記第1のレンズ群は、スクリーン側より負の屈折力の前群と、正の屈折力の後群とを備えており、この前群の合成焦点距離ff1と、この後群の合成焦点距離rf1が次の式を満たす投写用ズームレンズ。

$$0.2 < |ff1/rf1| < 0.4$$

【請求項5】 請求項1において、前記第1のレンズ群の合成焦点距離f1と、該投写用ズームレンズの望遠端における全長Ltと、望遠端におけるバックフォーカスBftが次の式を満たす投写用ズームレンズ。

$$0.2 < |f1/(Lt+Bft)| < 0.5$$

【請求項6】 請求項1に記載の投写用ズームレンズと、前記光変調器と、この光変調器に光を照射する光照射系とを有するプロジェクタ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ライトバルブに表示された像をスクリーンに拡大投影するプロジェクタ装置の投写用ズームレンズに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、プロジェクタのライトバルブとして液晶パネルが多く用いられてきた。近年、液晶パネルに代わり、マイクロマシン技術を用いて機械的に光の反射方向を変えて画像を形成する複数の素子を備えた装置が実用化されている。微少な鏡面素子（マイクロミラー）を画素に対応させてアレイ状に並べ、それぞれの鏡面の角度を制御することにより画像を表示するDMD（デジタルミラーデバイス、箔変形デバイスあるいはディスプレイ）はその1つである。このマイクロミラーで画素を構成する光変調器は、液晶パネルより応答速度が

速く、明るい画像が得られるので、小型で高輝度、高画質のプロジェクタを実現するのに適している。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】DMDにおいて、画像を生成する際にマイクロミラーの旋回する角度は±10度程度であり、これにより有効な反射光と無効な反射光を切替えている。したがって、DMDをライトバルブとしたプロジェクタにおいては有効な反射光（有効光）を捉える（飲み込む）と共に無効な反射光（無効光）は捉えない（飲み込まない）プロジェクタレンズが必要となる。さらに、イメージサークルを小さくするには、プロジェクタレンズはDMDの法線方向に設置することが望ましい。したがって、DMDに投映用の光を入力する光源の配置はかぎられてしまい、上記のようにDMDから有効光をプロジェクタレンズに入力するには、光源をプロジェクタレンズとほぼ同じ方向に設置する必要がある。

【0004】このような条件より、DMDを採用したプロジェクタ装置の投写用レンズには、ライトバルブ側のレンズ径が小さく、バックフォーカスの長いものが必要となる。一般にバックフォーカスの長いレンズ系では後方のレンズ径が大きくなってしまふ。しかしながら、後方のレンズ径が限られているので、投写レンズの最終レンズの付近に射出瞳位置がくるように設計する必要がある。その一方で、投写レンズの性能を向上するためには多数のレンズを組み合わせる必要があり、多数枚のレンズを配置すると投写レンズの全長はある程度の長さが必要となる。そして、投写レンズの全長が長くなれば、射出瞳が後方にあるレンズ系では前方のレンズ径が大きくなってしまふ。

【0005】DMDを採用したプロジェクタ装置は、小型および薄型化が要求されており、プロジェクタレンズにおいても、全体がコンパクトでレンズ径も小さなものが要望されている。もちろん、投写レンズとして、諸収差の性能が十分に良いものが要求されている。さらに、DMDに対応した上記のような条件を満たす投写レンズでズームの可能な投写レンズも要求されている。

【0006】そこで、本発明においては、DMDなどの光の反射方向を変えて画像を生成する素子を備えた光変調器を採用したプロジェクタ装置用に適した投写レンズ、特に投写用ズームレンズを提供することを目的としている。DMDに適した結像性能の高い投写用ズームレンズを実現し、このタイプ of 光変調器を採用したコンパクトで明るく綺麗な画像を表示できるプロジェクタ装置を提供することを目的としている。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の、光の反射方向を変えて画像を生成する複数の素子を備えた光変調器の映像をスクリーンの投写する投写用ズームレンズ（投写用ズームレンズシステム）は、スクリーン側から順に、

負の屈折力の第1のレンズ群と、正の屈折力の第2のレンズ群とを有し、この第2のレンズ群の最も光変調器側の最終レンズの外径LDと、該投写用ズームレンズの広角端におけるバックフォーカスBfwが次の式(A)を満たす投写用ズームレンズであり、最終レンズの少なくとも一方の面を非球面にしている。

【0008】

$$0.3 < LD/Bfw < 0.5 \quad \dots (A)$$

本発明の投写用ズームレンズは、バックフォーカスを長くするのに有利はレトロフォーカスタイプのズームレンズであり、バックフォーカスBfと最終レンズ径LDの関係を示す式(A)の条件を加えることによりDMDなどの光の反射方向を変えて画像を形成する光変調器に適した投写レンズとなっている。

【0009】そして、最終レンズの少なくとも一方の面を非球面にして結像性能を向上させることにより、少ない枚数のレンズで収差性能の良いプロジェクタレンズを実現している。このため、構成枚数を少なくすることにより投写レンズのコストを下げられると共に、投写レンズの全長を短くできる。したがって、射出瞳が後方にあるレンズ系であっても、スクリーン側のレンズ(前方のレンズ)の径が大きくなるのを防止できる。また、この投写レンズは最終レンズの径が最も小さくなるので、そのレンズに非球面を導入することにより、非球面レンズ

$$0.6 < |f2/f1| < 1.0 \quad \dots (B)$$

この式(B)の下限を下回ると、広角端におけるコマ収差が増大し、その影響であるコマフレアが現れてしまう。それと共に、前方のレンズ径が大きくなる要因となる。また、式(B)の上限を上回ると、望遠端におけるコマ収差が増大し、また、倍率色収差も大きくなる。そ

$$0.3 < |f1/Lw| < 0.6 \quad \dots (C)$$

この条件もコマ収差およびレンズ径に関連するものであり、この式(C)の下限を下回ると、望遠端におけるコマ収差が増大し、その影響(コマフレア)が現れてしまう。それと共に、最終レンズ径が大きくなる要因となる。式(C)の上限を上回ると、広角端におけるコマ収差が増大し、それと共に、前方レンズの径が大きくなる要因となる。

【0016】さらに、第1のレンズ群は、スクリーン側より負の屈折力の前群と、正の屈折力の後群とに分け、

$$0.2 < |ff1/rf1| < 0.4 \quad \dots (D)$$

この式(D)の下限を下回ると、やはり、広角端におけるコマ収差が増大し、その影響であるコマフレアが増大してしまう。それと共に最終レンズの径が大きくなる要因となる。一方、式(D)の上限を上回ると、望遠端におけるコマ収差が増大し、それと共に、前方のレンズの径が大きくなる要因となる。

$$0.2 < |f1/(Lt+Bft)| < 0.5 \quad \dots (E)$$

この式(E)の上限あるいは下限を越えると、望遠端における全長と第1のレンズ群のパワーの適切なバランス

のコストを下げることができるという効果も備えている。本発明の投写用ズームレンズにおいては、式(A)の下限を下回ると、前方のレンズ径が大きくなりすぎてしまい、また、上限を上回ると、最終レンズの径が大きくなって光変調器の無効光を飲み込んでしまうことになる。

【0010】このように、本発明の投写用ズームレンズは、光の反射方向を変えて画像を形成する素子を備えた光変調器に適したコンパクトで結像性能の高いものである。したがって、本発明の投写用ズームレンズと、DMDなどの光変調器と、この光変調器に光を照射する光照射系とを有するプロジェクタ装置は、DMDの特性を生かした高解像度で明るい画像を投写できると共に、プロジェクタレンズも含めてコンパクトに纏めることができる。

【0011】さらに、本願の発明者らは、本発明の投写用ズームレンズの特性を解析しており、コンパクトで結像性能のより良い投写用ズームレンズを提供する条件を開示している。

【0012】まず、第1のレンズ群の合成焦点距離f1と、第2のレンズ群の合成焦点距離f2は次の式(B)の条件を満たすことが望ましい。

【0013】

$$1.0 > |f2/f1| > 0.6 \quad \dots (B)$$

れと共に、最終レンズの径が大きくなる要因となる。

【0014】また、第1のレンズ群の合成焦点距離f1と、投写用ズームレンズの広角端における全長Lwが次の式(C)の条件を満たすことが望ましい。

【0015】

$$0.6 > |f1/Lw| > 0.3 \quad \dots (C)$$

後群を前群より若干離してレンズの中央付近に配置することが望ましく。このような配置を採用することにより、後群がフィールドレンズとしての機能を果たし、第2のレンズ群全体をコンパクトにできる。それと共に、前群の負のパワーにより生ずる収差を補正するのに効果的である。そして、前群の合成焦点距離ff1と、この後群の合成焦点距離rf1は次の式(D)の条件を満たすことが望ましい。

【0017】

$$0.4 > |ff1/rf1| > 0.2 \quad \dots (D)$$

【0018】また、第1のレンズ群の合成焦点距離f1と、該投写用ズームレンズの望遠端における全長Ltと、望遠端におけるバックフォーカスBftが次の式(E)の条件を満たすことも重要である。

【0019】

がくずれてしまう。したがって、望遠端におけるレンズの全長が長くなる要因となる。また、第1のレンズ群の

パワーが小さくなりすぎるので収差を発生し、この第1のレンズ群において発生する収差を第2のレンズ群で補正することが極めて困難になってしまう。

【0020】

【発明の実施の形態】図1に、本発明に係るDMDをライトバルブとして採用したプロジェクタの概略構成を示してある。このプロジェクタ1は、光変調器であるDMD2と、このDMD2に投写用の光を照射するシステム3と、DMD2により反射された有効光をスクリーン9に投写する投写用レンズ5とを備えている。図1に示したプロジェクタ1は、単板式のビデオプロジェクタであり、光照射システム3は、ハロゲンランプなどの白色光源6と、円盤型の回転色分割フィルタ7とを備えている。このため、DMD2には、赤、緑、青の3原色が時分割で照射される。そして、それぞれの色の光が照射されるタイミングで個々の画素に対応する素子を制御することによりカラー画像が表示される。

【0021】光照射システム3は、さらに、種々のプロジェクタの配置あるいは構成に対応して、光源6の光を集光あるいは平行光にするためのコンデンサレンズ8あるいはミラー4などの光学素子が必要に応じて配置される。DMD2の法線と投写レンズ5の光軸とが一致しているとイメージサークルが小さくなり、投写レンズの径を小さくできる、それと共に、有効光および無効光の分離が容易となることは上述した通りである。したがって、光照射システム3からDMD2に対する入射角度はかぎられており、光照射システム3の光軸と、投写レンズ5の光軸とがほとんど同一方向になる。このため、光照射システム3の影響を受けないようにするには投写レンズ5のバックフォーカスはある程度長くする必要がある。また、投写レンズ5のDMD2の側に位置する最終レンズの径は十分に小さくする必要がある。

【0022】(実施例1) 図2に、本発明に係る投写用ズームレンズ5の一例を示してある。図2(a)は、拡大表示する状態である広角端における各レンズの配置を示してある。また、図2(c)は、標準状態である望遠端を示し、さらに、図2(b)は、それらの中間の状態を示してある。本例の投写用ズームレンズ5は、スクリーン9の側から2つのレンズ群G1およびG2にグループ化された9枚のレンズL11~L25により構成され

レンズデータ (No. 1)

i	ri	di	ni	vi	
1	123.397	7.400	1.48749	70.4	レンズL11
2	-388.514	0.200			
3	85.872	3.000	1.62041	60.3	レンズL12
4	27.199	7.500			
5	186.689	2.500	1.65844	50.9	レンズL13
6	24.165	14.400			
7	33.870	7.700	1.84666	23.8	レンズL14
8	46.711	d8			

ている。それぞれのレンズの詳細は以下に示した通りである。スクリーン側の第1のレンズ群G1は全体が負の屈折力を備えたレンズ群であり、さらに、スクリーン側に位置する負のパワー（屈折力）の前群G11と、この前群G11から距離d6を開け、投写用ズームレンズ5のほぼ中央に位置する正のパワーの後群G12とで構成されている。

【0023】前群G11は、最もスクリーン側（前方）に位置する両凸の正レンズL11と、スクリーン9の側に凸の負のメニスカスレンズL12と、同じくスクリーン9の側に凸の負のメニスカスレンズL13によって構成されている。また、後群G12は、スクリーン9の側に凸の正のメニスカスレンズL14の一枚構成となっている。

【0024】DMD2の側に位置する第2のレンズ群G2は、スクリーン9の側から、スクリーン側に凸の正のメニスカスレンズL21と、ダブルットをなす両凸の正レンズL22および両凹の負レンズL23と、DMD2の側に凸の正のメニスカスレンズL24と、両凸の正レンズL25が順番に並んで構成されている。また、第2のレンズ群G2の最もDMD2の側のレンズ（最終レンズ）L25のDMD2の側の面s17は非球面になっている。第2のレンズ群G2と第1のレンズ群G1と距離d8は調整できるようになっており、距離d8を縮めることにより広角から望遠にわたる結像特性を得ることができる。

【0025】以下に示すレンズデータにおいて、riはスクリーン側から順番に並んだ各レンズの曲率半径（mm）、diはスクリーン側から順番に並んだ各レンズ面間の距離（mm）、niはスクリーン側から順番に並んだ各レンズの屈折率（d線）、 $\nu_i$ はスクリーン側から順番に並んだ各レンズのアッベ数（d線）を示す。また、fは投写レンズの合成焦点距離、Bfはバックフォーカス（Bfwは広角端、Bftは望遠端を示す）、FNoはFナンバー、f1は第1のレンズ群G1の合成焦点距離、f2は第2のレンズ群G2の合成焦点距離、ff1は前群G11の合成焦点距離、rf1は後群G12の合成焦点距離、Lwは投写レンズ5の広角端における全長、Ltは投写レンズ5の望遠端における全長、LDは最終レンズL25のレンズ径を示す。

9	37.772	7.500	1.74950	35.0	レンズL21
10	263.808	1.900			
11	29.994	6.700	1.67790	55.5	レンズL22
12	-42.031	2.500	1.84666	23.8	レンズL23
13	40.226	8.400			
14	-580.749	1.500	1.84666	23.8	レンズL24
15	-127.520	0.160			
16	221.468	2.900	1.58913	61.3	レンズL25
17	-80.965	AS			
ズーム状態	f	d8	Bf	F No.	
広角端	27.3	22.664	40.892	3.0	
中間		15.164	44.504		
望遠端	35.6	9.333	48.165	3.5	

なお、レンズ間隔d8は、レンズ先端から3mの位置に結像したときの数値を示してある。

$$K=0.0000$$

$$A=0.125238 \times 10^{-4}$$

$$C=-0.209841 \times 10^{-8}$$

ただし、非球面式は次の通りである。

$$【0027】x = (y^2/r) / [1 + \{1 - (1 + K)(y^2/r^2)\}^{1/2}] + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10}$$

本例の投写ズームレンズの諸数値(mm)は以下の通りである。

$$\begin{aligned} f1 &= -42.763, & f2 &= 36.978 \\ ff1 &= -29.236, & rf1 &= 114.130 \\ Bfw &= 40.797, & Bft &= 47.955 \\ Lw &= 96.924, & Lt &= 83.593 \\ LD &= 15.800 \end{aligned}$$

したがって、上記の式(A)～(E)に定義したパラメータは以下になる。

$$\text{式(A)} \quad LD/Bfw = 0.387$$

$$\text{式(B)} \quad |f2/f1| = 0.865$$

$$\text{式(C)} \quad |f1/Lw| = 0.441$$

$$\text{式(D)} \quad |ff1/rf1| = 0.256$$

$$\text{式(E)} \quad |f1/(Lt+Bft)| = 0.325$$

本例の投写ズームレンズ5は、負のパワーの第1のレンズ群G1と、正のパワーの第2のレンズ群が組み合わされたレトロフォーカス型のズームレンズであり、バックフォーカスを長くしやすい構成である。このため、広角端で40mm以上という十分なバックフォーカスが確保されている。そして、DMDからの無効光を飲み込まないために最終レンズの径LDは15.8mmと非常に小さくなっている。この投写用ズームレンズ5は、式

(A)に定義した条件を満たすものであり、バックフォーカスBfが長く最終レンズ径LDの小さな投写レンズである。このような投写レンズは、全長が長くなると前方のレンズ径が比較的大きくなりやすい。しかしながら、本例のレンズは、最終レンズL25に非球面を採用し、全体が9枚構成で後述するように良好な収差性能を

【0026】また、レンズL25の面s17は非球面でありその非球面係数は以下の通りである。

$$B=0.128014 \times 10^{-6}$$

$$D=0.155831 \times 10^{-10}$$

得ている。このため、全長が広角端で97mm程度と非常に短く、前方のレンズL11のレンズ径も60mm程度に抑えられている。

【0028】さらに、本例の投写用ズームレンズ5は、コンパクトでありながら、倍率1.3のズームが可能であり、焦点距離が27.3から35.6mmと短く、さらに、Fナンバーが3.0から3.5と十分に明るい投写レンズとなっている。さらに、本例の投写用ズームレンズ5は、先に説明した式(B)から式(E)までの条件を満足するように設計されている。加えて、第1のレンズ群G1を前群G11と後群G12に分けて、後群G12を前群G11から距離を置いて配置して前群G11の収差を後群G12で緩和するようにしている。このため、9枚構成のレンズであるにも関わらず収差性能も以下の各図に示すように投写用レンズとして非常に性能の良いものとなっている。

【0029】図3に、この投写用ズームレンズの広角端(a)、望遠端(c)および中間(b)における球面収差、非点収差および歪曲収差を示してある。さらに、図4ないし図6に広角端(図4)、望遠端(図6)および中間(図5)における球面収差を横収差図により示してある。球面収差は、656.0nm(破線)、587.0nm(実線)および450.0nm(一点鎖線)の各波長における収差を示している。また、非点収差および横収差図においては、タンジェンシャル光線(T)およびサジタル光線(S)の収差をそれぞれ示してある。

【0030】これらの図に示してあるように、本例の投写用ズームレンズ5の縦収差は、広角端から望遠端にわたり、ほぼ±0.2mm程度の範囲に入る。この収差性能は液晶パネルをライトバルブとして採用したプロジェクタのテレセントリックタイプで、10数枚構成の高性能なズームレンズと同等あるいはそれ以上であり、本例

の投写用ズームレンズの収差性能が非常に優れていることが判る。また、横収差は広角端から望遠端にわたり、ほぼ±0.02mm程度の範囲に入る。したがって、横収差性能も非常に良く、コマ収差の影響によるフレア（コマフレア）がほとんど表れない性能の良い投写用ズームレンズとなっている。

【0031】このように、本例の投写用ズームレンズ5は、DMD2により形成された映像をスクリーンに投写する条件を満たしたレンズであり、さらに、ズームングが可能で、非常に良好な結像性能を備えたものである。さらに、投写レンズの全長および径はコンパクトに纏められている。したがって、本例の投写用ズームレンズ5を搭載することにより、DMD2の特性を生かした高解像度で明るいを投影できるコンパクトなプロジェクタ1を実現することができる。また、本例のズームレンズは9枚構成とレンズ数が少なく、さらに、非球面化してい

#### レンズデータ (No. 2)

i	ri	di	ni	vi	
1	127.629	6.600	1.51680	64.2	レンズL11
2	-1228.955	0.200			
3	107.097	3.000	1.67003	47.2	レンズL12
4	28.797	8.000			
5	417.360	2.500	1.58913	61.3	レンズL13
6	34.252	16.900			
7	46.073	7.600	1.80518	25.5	レンズL14
8	71.751	d8			
9	38.521	7.500	1.74330	49.2	レンズL21
10	321.347	4.100			
11	27.528	7.500	1.67790	55.5	レンズL22
12	-80.526	1.800	1.80518	25.5	レンズL23
13	33.720	5.400			
14	-23.066	1.500	1.74400	44.9	レンズL24
15	-30.715	0.160			
16	-101.516	AS	1.58913	61.3	レンズL25
17	-27.420	AS			
ズーム状態	f	d8	Bf	F No.	
広角端	27.3	29.738	41.089	3.0	
中間		19.722	44.384		
望遠端	35.6	11.934	47.738	3.5	

なお、本例でもレンズ間隔d8は、レンズ先端から3mの位置に結像したときの数値を示してある。

【0034】レンズL25の面s16およびs17は非

面s16、K=0.0000

A=0.264697×10<sup>-5</sup>、

C=0.119969×10<sup>-8</sup>、

面s17、K=0.0000

A=0.206378×10<sup>-4</sup>、

C=0.493887×10<sup>-9</sup>、

るレンズは径の小さな最終レンズL25である。このため、投写レンズ5のコストを低減することが可能であり、プロジェクタ1のコストの低減にも有効である。

【0032】（実施例2）図7に、本発明に係る投写用ズームレンズの他の実施例を示してある。本例のズームレンズ5も2群構成のズームレンズであり、負の屈折力の第1のレンズ群G1と、正の屈折力の第2のレンズ群G2を備えている。そして、第1のレンズ群G1は、前群G11と後群G12との組み合わせとなっている。この投写用ズームレンズ5を構成するレンズの数は9枚であり、それぞれのレンズL11からL25の概略の形状も上記の実施例と同じである。そして、本例のズームレンズ5では、最終レンズL25の両面を非球面としてさらに収差性能を改善している。

【0033】本例のレンズデータは以下の通りである。なお、各符号は上記の実施例のものと共通である。

球面でありその非球面係数は以下の通りである。なお、非球面式は実施例1に示したのと同じである。

B=0.211011×10<sup>-6</sup>

D=0.116216×10<sup>-10</sup>

B=0.223512×10<sup>-6</sup>

D=0.166774×10<sup>-10</sup>

本例の投写用ズームレンズの諸数値は以下の通りである。

f1=-52.424、f2=40.283

ff1=-34.778、rf1=141.240

Bfw = 41.090、 Bft = 47.676  
 Lw = 105.798、 Lt = 87.994  
 LD = 15.800

したがって、上記の式(A)～(E)に定義したパラメータは以下ようになる。

式(A)  $LD/Bfw = 0.385$

式(B)  $|f2/f1| = 0.768$

式(C)  $|f1/Lw| = 0.4955$

式(D)  $|ff1/rf1| = 0.246$

式(E)  $|f1/(Lt+Bft)| = 0.386$

本例の投写用ズームレンズ5も広角端で40mm以上という十分なバックフォーカスが得られ、最終レンズの径LDが15.8mmと非常に小さいレンズである。そして、全長が広角端で106mm程度と上記の投写レンズよりも若干長い投写レンズとしては十分に短く、前方のレンズL11のレンズ径も同様に60mm程度とコンパクトなズームレンズである。また、本例の投写用ズームレンズ5は、先に説明した式(A)から式(E)までの条件を満足するように設計されており、さらに、最終レンズL25の両面が非球面になっている。このため、収差性能も以下の各図に示すように投写用レンズとして非常に性能の良い物となっている。

【0035】図8に、この投写用ズームレンズの広角端(a)、望遠端(c)および中間(b)における球面収差、非点収差および歪曲収差を示してある。さらに、図9ないし図11に広角端(図9)、望遠端(図11)および中間(図10)における球面収差を横収差図により示してある。それぞれの収差図における記載は、先に説明した実施例1のものと同様である。

【0036】これらの図に示してあるように、本例の投写用ズームレンズ5の縦収差は、広角端から望遠端にわたり、ほぼ±0.1mm程度の範囲に入る。したがって、本例の投写用ズームレンズ5は、実施例1に示した高性能な投写用ズームレンズよりもさらに良く収差が補正されており、優れた光学的性能を示している。また、横収差も広角端から望遠端にわたり、ほぼ±0.01mmに近い範囲に入る。したがって、横収差性能も実施例1に示した投写用ズームレンズを凌ぐものである。

【0037】

【発明の効果】このように、本発明は、DMDなどの光を反射して画像を形成する光変調器を用いたプロジェクタに適した投写用ズームレンズ、すなわち、バックフォーカスが長く、最終レンズの径の小さな投写用ズームレンズの最適な条件を開示することを目的としており、上記の例に示されたように、その目的を十分に満足する投写用ズームレンズを提供することができた。

【0038】すなわち、本発明の投写用ズームレンズは、バックフォーカスを長くするのに適した、スクリーン側から負-正の2群式の簡単な構成のズームレンズであり、式(A)の条件を満足すると共に、最終レンズの

少なくとも1面を非球面にすることによりコンパクトで結像性能の高いズームレンズを提供している。さらに、式(B)から式(E)により本明細書で開示した条件を満たすことにより、収差補正がなされ、いっそう優れた結像性能の投写用ズームレンズを提供することができる。すなわち、焦点距離が短く広角なズームレンズであって、歪曲収差および倍率色収差が共に小さく、コマフレアも小さなズームレンズを提供することができる。

【0039】特に、本発明に係る投写用ズームレンズシステムはDMD用であり、液晶パネルを用いたプロジェクタ用に採用されている10数枚構成のテレセントリック型の高価なズームレンズと同等あるいはそれ以上の性能を9枚構成という低コストな構成で実現可能なものである。DMDは、動作速度が速く、コントラストの高い画像が得られるために、今後、液晶パネルに代わるプロジェクタのライトバルブとして採用が急速に進むものと考えられている。本発明の投写用ズームレンズは、そのDMD用として最適なものであり、本発明の投写用ズームレンズを採用することにより、高性能でコンパクトであり、さらに低コストなプロジェクタを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るプロジェクタ装置の概略構成を示す図である。

【図2】本発明の実施例1に係る投写用ズームレンズの構成を示す図であり、広角端(a)、望遠端(c)および中間(b)の各状態におけるレンズの配置を示す図である。

【図3】実施例1のレンズの縦収差図であり、広角端(a)、望遠端(c)および中間(b)の各状態の収差を示す図である。

【図4】実施例1のレンズの横収差図であり、広角端における収差を示す図である。

【図5】実施例1のレンズの横収差図であり、中間における収差を示す図である。

【図6】実施例1のレンズの横収差図であり、望遠端における収差を示す図である。

【図7】本発明の実施例2に係る投写用ズームレンズの構成を示す図であり、広角端(a)、望遠端(c)および中間(b)の各状態におけるレンズの配置を示す図である。

【図8】実施例2のレンズの縦収差図であり、広角端(a)、望遠端(c)および中間(b)の各状態の収差を示す図である。

【図9】実施例2のレンズの横収差図であり、広角端における収差を示す図である。

【図10】実施例2のレンズの横収差図であり、中間における収差を示す図である。

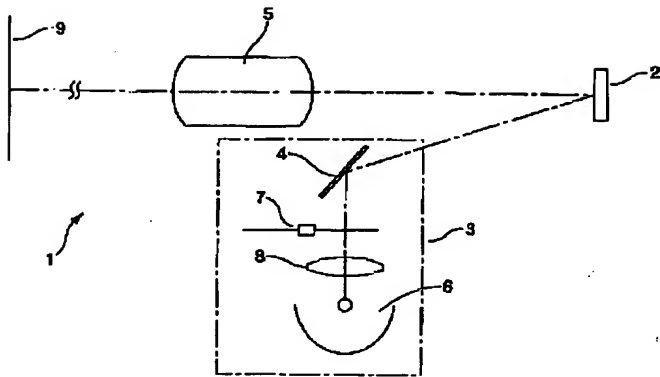
【図11】実施例2のレンズの横収差図であり、望遠端における収差を示す図である。

【符号の説明】

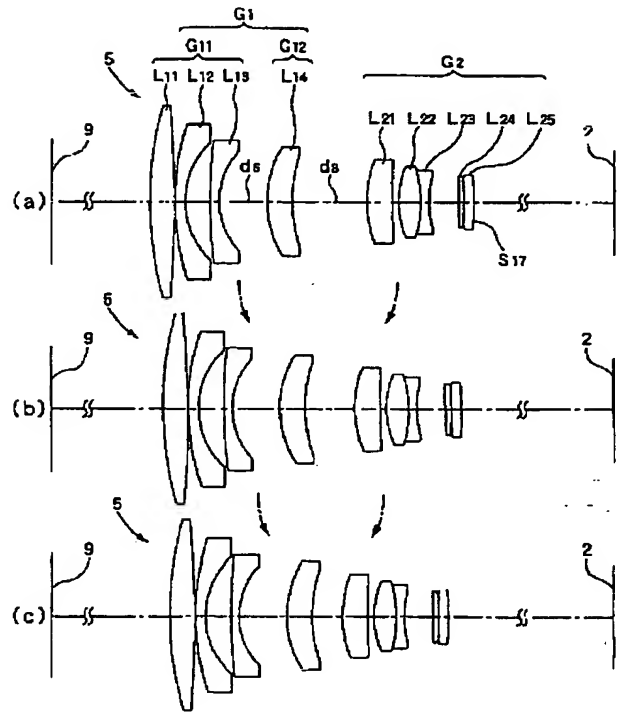
- 1 プロジェクタ  
2 DMD  
3 光照射システム (光源システム)

- 5 投写用ズームレンズシステム  
7 色分割フィルタ  
9 スクリーン

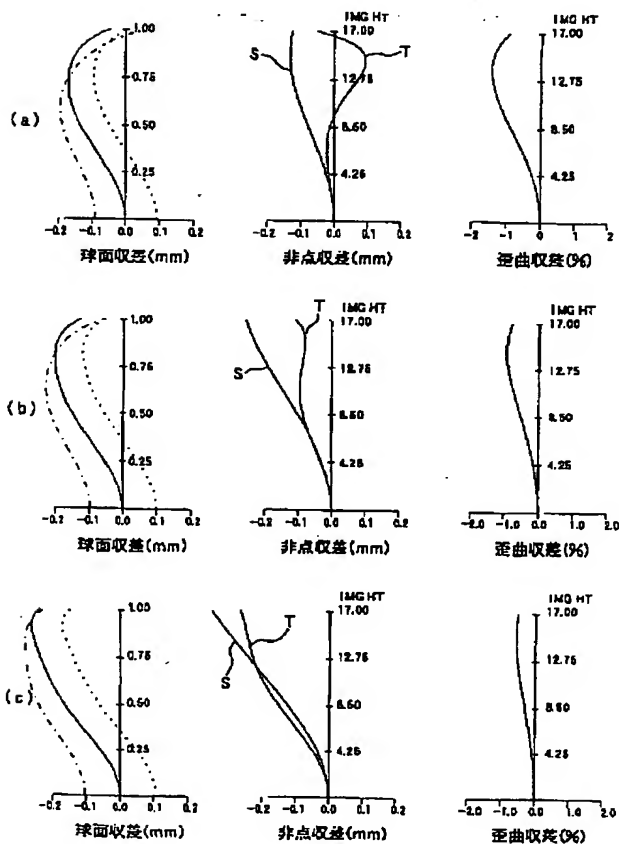
【図1】



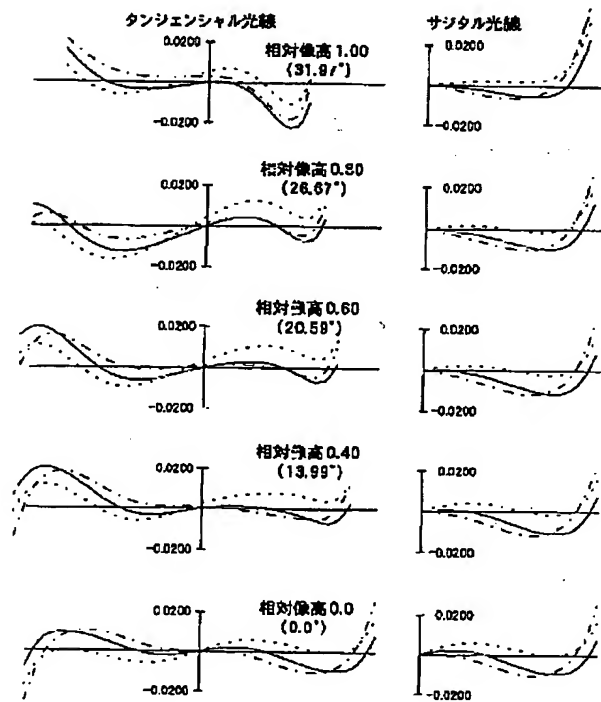
【図2】



【図3】

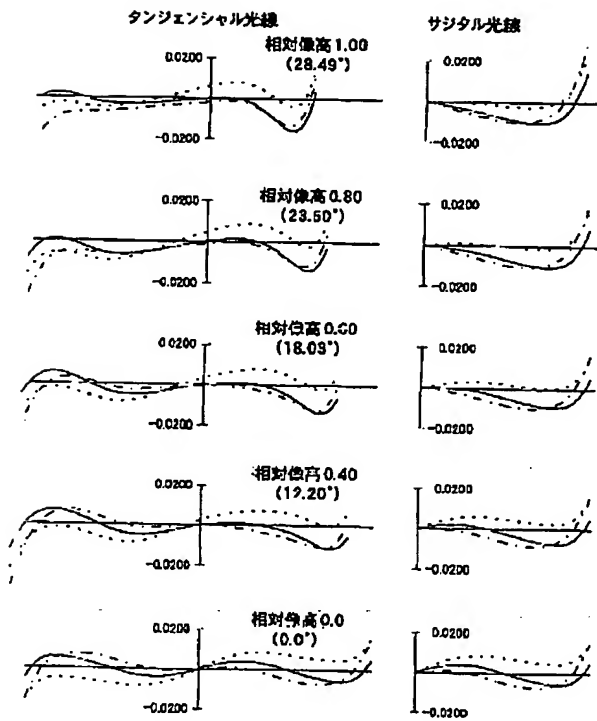


【図4】

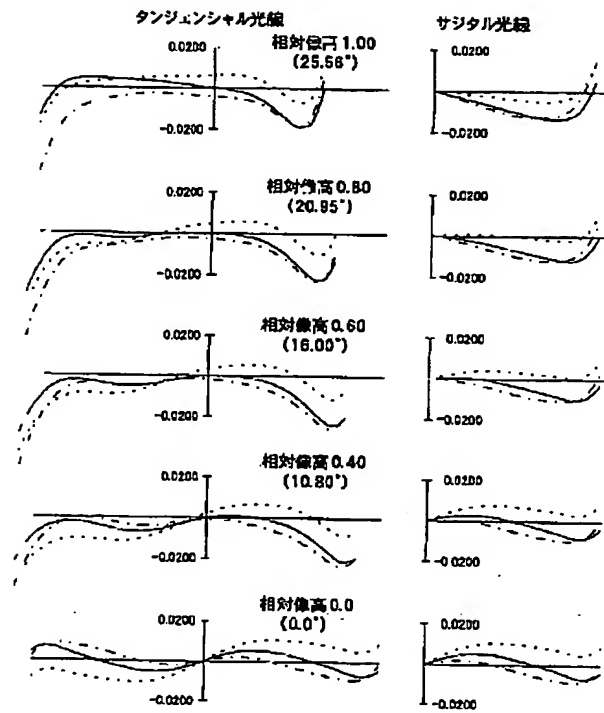




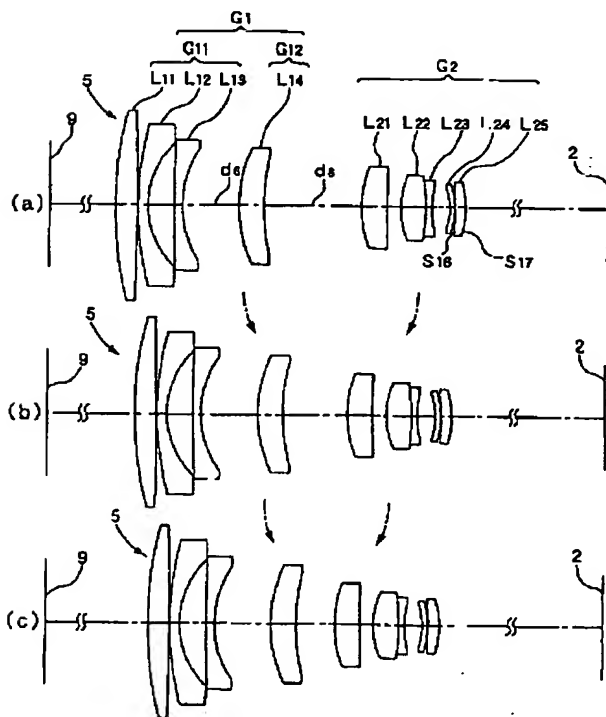
【図5】



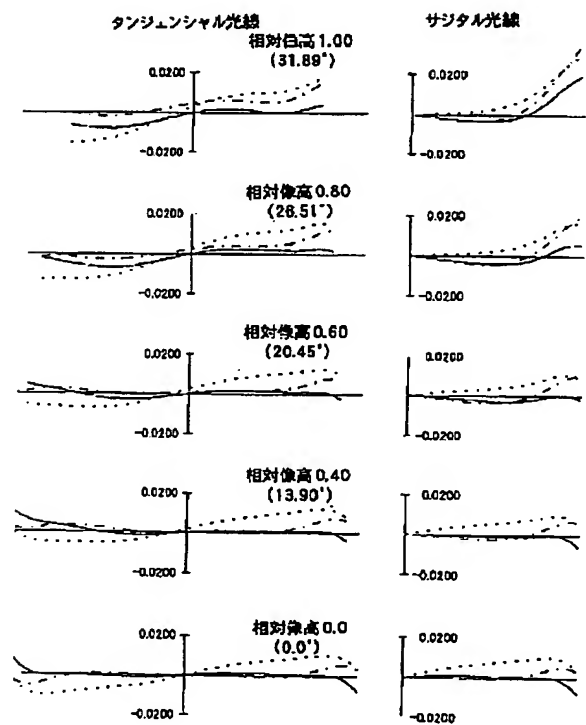
【図6】



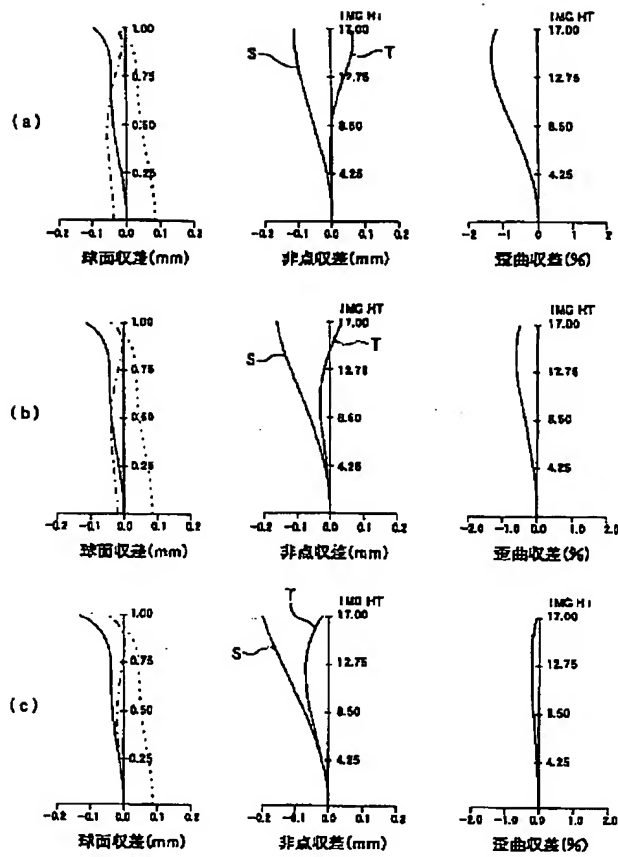
【図7】



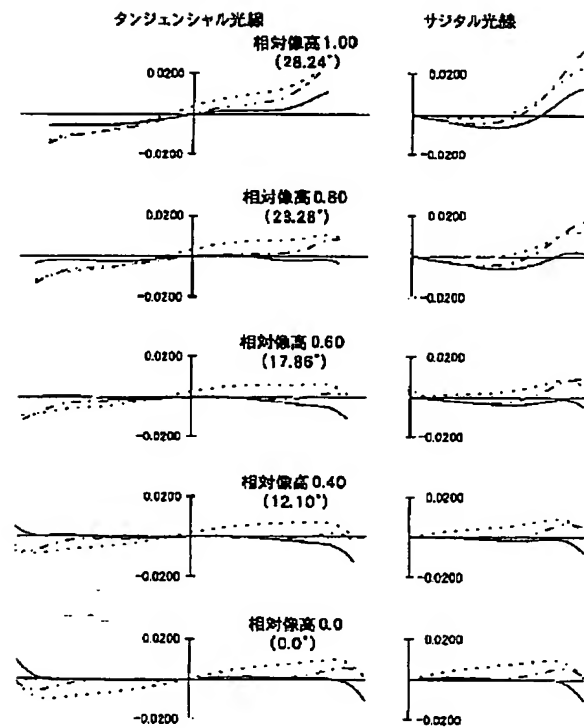
【図9】



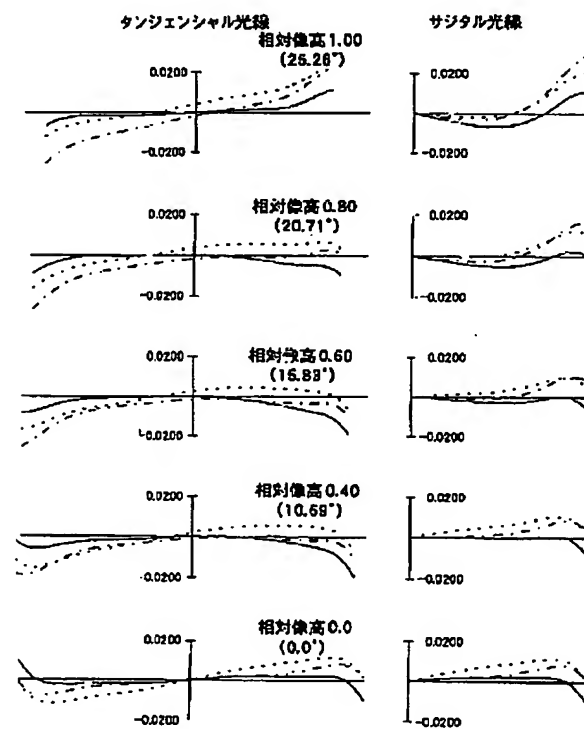
【図8】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(71)出願人 592071325

27700B SW PARKWAY AVE  
NUE, WILSONVILLE, OR  
97070-9215 U. S. A

(72)発明者 成松 修司

長野県諏訪市大字湖南4529番地 日東光学  
株式会社内

(72)発明者 ジェフリー エイ. ゴーマン

アメリカ合衆国 オレゴン州 97123 ヒ  
ルズボロ オーンダフロード 21525

Fターム(参考) 2H087 KA06 NA02 PA08 PA18 PB09

QA02 QA07 QA14 QA22 QA26

QA32 QA34 QA41 QA42 QA46

RA05 RA13 SA07 SA09 SA62

SA63 SB05 SB16